송전급 초전도한류기의 적용에 따른 선로보호용 비율전류차동계전기의 동작특성 및 보호협조 분석

Analysis on the Operation Characteristics and Protection Coordination between the Current Ratio Differential Relay for Line Protection and the Trigger-type SFCL in the Power Transmission System

조 용 선* · 김 진 석* · 임 성 훈† · 김 재 철*
(Yong-Sun Cho · Jin-Seok Kim · Sung-Hun Lim · Jae-Chul Kim)

Abstract - The fault current of the power transmission system is greater than that of the power distribution system. Therefore, the introduction of superconducting fault current limiter (SFCL) is more needed to reduce the increased fault current. The trigger-type SFCL consists of the high-temperature superconducting element (HTSC), the current limiting reactor (CLR) and the circuit breaker (CB). The trigger-type SFCL can be used to supplement the disadvantages of the resistive-type SFCL. The operation characteristics of the current ratio differential relay which is usually applied to the protection device of the power transmission system are expected to be affected under fault conditions and the applicability of the trigger-type SFCL. In this paper, we analyzed the operating characteristics, by the fault conditions, between the current ratio differential relay for line protection and the trigger-type SFCL in the power transmission system through the PSCAD/EMTDC simulation.

Key Words : Superconducting fault current limiter (SFCL), Current ratio differential relay, Power transmission system

1. 서 론

현재 우리나라의 전력계통은 수요의 증가 및 수도권지역의 부하 집중화현상으로 인해 계통 내, 주변압기의 용량을 대용량으로 교체가 불가피하다. 이로 인해, 계통의 규모가 증가하게 되며, 분산전원의 구성으로 복잡해지고 있다. 이러한 변화로 인해 고장 발생시 고장전류의 크기가 증가하게 되고, 이에 따라 기존 보호기기의 차단용량이 초과되는 문제점이 발생하게 된다. 따라서 효과적인 계통의 운영을 위해 고장전류의 크기를 감소시키기 위한 방안들이 제안되어지고 있다. 그 중, 대용량 차단기로서의 교체와 고임피던스 기기 사용 및 직렬리액터 채용 등의 방안들이 있는데, 이러한 방안들은 평시 손실 발생과 전압강하 발생으로 계통의 안정도를 저하시키는 문제점을 가지고 있다. 하지만, 초전도한류기는 평상시에는 영저항을 갖는 초전도성질을 이용하여 계통에 미치는 영향이 없으며, 고장발생 시 고장전류의 빠른 감지 및 제한특성으로 고장전류의 크기를 감소하기 위한 가장 효과적인 방안으로 많은 연구가 진행되어지고 있다. 최근 대용량 발전기의 집중개발과 장거리 대용량 송전의 효율화 및 각 지역간 전력연계를 통한 안정적인 공급을 위해 송전계통 도입은 필수적이다. 그에 따라 고장전류의 증가 또한

필연적인 부분이다. 이에 대하여 본 논문에는 우리나라의 일반적인 송전계통에 적용되는 주보호기기인 비율전류차동계전기와 송전계통에서 보다 효과적인 고장전류 절감을 위한 초전도한류기의 적용여부에 따른 동작특성 및 후비보호기기간 보호협조에 대해 PSCAD/EMTDC를 이용한 분석을 진행하였다 [1-3].

2. PSCAD/EMTDC 시뮬레이션

2.1 송전급 초전도한류기의 구조 및 동작특성

초전도한류기는 초전도소자(HTSC)만으로 구성되어진 저항형 초전도한류기가 기본적인 모델인데, 이는 간단한 구조 및 동작특성을 갖는 모델이지만, 고장발생시 모든 고장전류가 소자에 도통되어지기 때문에 HTSC의 파손현상이 발생하는 문제점을 가지고 있다. 이러한 이유로 인해 송전계통의 적용을 위한 초전도한류기는 트리거형 초전도한류기를 모델로 연구되어지고 있다 [4-5].

그림 1과 2는 각각 송전급 초전도한류기의 구조와 동작특성을 나타낸다. 송전급 초전도한류기는 HTSC와 스위치(CB_{SC}) 및 전류제한소자(CLR)의 병렬구조로써, 평시에는 HTSC의 초전도상태임에 따라 전류는 i_{SC} 로 흐른다. 고장이 발생하면 고장전류(i_F)로 인해 HTSC의 켄치 동작에 따른 저항(R_{SC})이 발생하게 되고, 이 때 발생하는 저항에 따라 일부 i_F 는 i_{SC} 에서 i_{CLR} 로 흐르게 된다. 일정시간 이후에 CB_{SC}가 동작함으로써 HTSC에 흐르는 고장전류를 차단시킨다. 이러한 동작특성은 고장전류로 인해 HTSC가 파손되는 저항형 초전도한류기의 문제점을 보완하기 위함이다. 이후, 모

* Dept of Electrical Engineering, Soong-sil University, Korea

† Corresponding Author : Dept. of Electrical Engineering, Soong-sil University, Korea

E-mail : superlsh73@ssu.ar.kr

Received : March 23, 2013; Accepted : June 7, 2013

든 i_F 는 i_{CLR} 의 방향으로 흐름으로써 CLR에 의해 제한되어 진다 [6-8].

그림 1 송전급 초전도한류기 구조.

Fig. 1 Structure of trigger-type SFCL for the transmission system.

그림 2 송전급 초전도한류기 동작특성.

Fig. 2 Operation characteristic of trigger-type SFCL for the transmission system.

2.2 선로보호용 비율전류차동계전기의 동작특성

일반적으로 송전계통에 적용되는 보호계전시스템은 배전 계통에 적용되는 것과 다르다. 이는 송전계통에 적용되는 보호계전시스템은 고장에 대해 보다 빠른 동작과 높은 신뢰도가 요구되어지기 때문이다. 우리나라는 일반적으로 송전 계통 보호계전시스템의 주보호기기인 비율전류차동계전기와 후비보호기기인 거리계전기 및 방향성과전류계전기를 적용하고 있다. 비율전류차동계전기는 보호하고자 하는 구간 내에서 고장발생시 보호구간 입출력 전류의 차전류가 설정 값을 초과하는 경우 고장으로 인식하여 계전기가 동작하는 특성을 갖는다. 반대로 구간 외의 고장에는 입출력 전류의 차전류가 설정 값을 초과하지 않아 고장으로 인식하지 않아 계전기가 동작하지 않는 특성을 갖는다 [9-11].

그림 3(a)와 (b)는 송전계통에 적용된 비율전류차동계전기의 고장위치에 따른 동작특성을 나타낸다. 비율전류차동계전기는 보호구간의 내부에서 발생하는 고장과 외부에서 발생하는 고장에 따른 동작특성을 갖는다. 그림 3(a)는 비율전류차동계전기의 보호구간 내부에서 고장이 발생하여 동작 전류와 역제전류간의 차전류가 발생하고, 차전류의 크기가 설정된 값을 초과하는 경우으로써, 비율전류차동계전기의 동작 영역을 넘어 고장으로 인식하고 계전기를 동작시킨다. 그림 3(b)는 보호구간 외부에서 고장이 발생하여 차전류가 발생

하지 않기 때문에 비율전류차동계전기의 동작전류 값이 비 동작 영역에 머무는 것을 확인할 수 있는데, 이 경우에는 계 전기가 고장을 인식하지 않아 동작을 하지 않는다.

그림 3 선로보호용 비율전류차동계전기의 동작특성.

(a) 내부고장 경우. (b) 외부고장 경우.

Fig. 3 Operation characteristic of the current ratio differential relay for line protection.

(a) Case of Fault_{internal}. (b) Case of Fault_{external}.

3. 모의 시뮬레이션 구성 및 결과 분석

3.1 모의 시뮬레이션 구성

그림 4는 PSCAD/EMTDC 시뮬레이션을 이용하여 구성한 모의 송전계통 구성도이다. 송전급 초전도한류기(SFCL)와 비율전류차동계전기(87)간 고장조건에 따른 동작특성을 알아보기 위해 고장위치 Fault₁과 Fault₂를 모의하였다. 고장 위치 Fault₁은 비율전류차동계전기의 동작특성에서 고장발생시, 차전류의 발생에 따른 내부고장 인식으로 그림 3(a)와 같은 비율전류차동계전기의 동작을 예상할 수 있다. 반대로 고장위치 Fault₂는 외부고장 인식으로 인해 그림 3(b)와 같이 비율전류차동계전기가 동작하지 않는 것을 예상할 수 있다. 본 논문에서는 선로1의 고장위치 Fault₁에서 고장지점 및 고장점 임피던스 변화의 고장조건과 각 고장모의 시, 송전급 초전도한류기의 적용여부에 따른 비율전류차동계전기의 동작특성을 알아보았다. 더불어, 선로1과 2의 고장위치

그림 4 모의 송전계통 구성도.

Fig. 4 Simplified configuration of power transmission system.

Fault₁과 Fault₂를 통하여 비율전류차동계전기의 동작여부에 따른 보호기간 보호협조에 대해서도 알아보았다. 본 논문에서 사용된 모의 송전계통의 파라미터 값은 표 1과 같다.

표 1 계통 파라미터.

Table 1 Parameters of power system.

변압기	400 [MVA], 345/154 [kV], j11 [%]
선로 (ACSR 410mm ² *2)	0.238+j1.044 [Ω /km] (영상)
	0.043+j0.344 [Ω /km] (정상)
	선로 구간 : 15 [km]

3.2 송전급 초전도한류기의 적용에 따른 선로보호용 비율전류차동계전기의 동작특성

선로1의 고장위치 Fault₁에서 고장지점 및 고장점 임피던스의 변화에 따른 비율전류차동계전기와 송전급 초전도한류기간 동작특성에 대해 알아보기 위한 고장조건을 표 2를 통하여 나타내었다. 그림 5와 6은 사례연구 CASE 1의 고장조건으로 모의 송전계통에서 고장위치 Fault₁에서 고장발생 시, 송전급 초전도한류기를 적용하지 않은 경우(그림 5)와 송전급 초전도한류기를 적용한 경우(그림 6)에 비율전류차동계전기의 동작특성 그래프를 나타내고 있다. 그림 5는 고장지점에 따른 선로 임피던스 값의 변화로 고장전류의 차이가 발생하게 되고, 이에 따라 비율전류차동계전기의 차전류 크기에도 차이가 발생하게 된다. 따라서 비율전류차동계전기의 동작특성 그래프에 나타나는 각 고장지점별 동작전류의 크기가 다른 것을 확인할 수 있다. 그림 6은 그림 5와 동일한 고장조건에서 송전급 초전도한류기의 적용에 따른 비율전류차동계전기의 동작특성을 나타내고 있다. 이때, 고장지점 3~12[km]의 결과로 선로1에 적용되어진 송전급 초전도한류기만이 동작한 경우와는 달리, 고장지점 14[km]의 경우에는 선로1과 2에 적용되어진 두 개의 송전급 초전도한류기가 동작한 것을 확인하였다. 이와 같은 결과는 고장지점에 따라 고장발생 시, 선로에 흐르는 고장전류의 크기가 변화되고, 이에 따라 동작여부가 결정되는 송전급 초전도한류기의 동작에 관한 특성을 확인하였다. 그림 6에서 동작전류의 크기가 그림 5에 비해 작아진 것을 확인할 수 있는데, 이는 송전급 초전도한류기의 적용에 따른 고장전류의 절감효과로 인한 차전류 및 동작전류의 크기가 감소되어 나타나는

표 2 사례연구의 구성.

Table 2 Configurations of the case study.

사례연구	고장위치	고장조건	
CASE 1	Fault ₁	고장지점 : 3, 6, 9, 12, 14 [km]	
CASE 2		고장점 임피던스 : 0, 5, 15, 50 [Ω]	
CASE 3		선로1 내부고장	고장지점 : 3 [km] 고장점 임피던스 : 0 [Ω]
CASE 4	Fault ₂	선로1 외부고장	고장지점 : 3 [km] 고장점 임피던스 : 0 [Ω]

결과이다. 그러나 송전급 초전도한류기의 적용에 따른 영향은 비율전류차동계전기의 동작영역을 넘어가는 시점에서 초기동작에는 영향을 거의 주지 않는 것을 확인할 수 있다. 이는 비율전류차동계전기의 순시동작이 매우 빠르게 동작함으로써 송전급 초전도한류기의 동작여부에 따른 영향을 크게 받지 않는 것이라고 예상할 수 있다.

그림 5 CASE 1에서 송전급 초전도한류기의 적용 전, 선로 보호용 비율전류차동계전기의 동작특성.

Fig. 5 Operation characteristic of the current ratio differential relay for line protection in CASE 1 without SFCL.

그림 6 CASE 1에서 송전급 초전도한류기의 적용 후, 선로 보호용 비율전류차동계전기의 동작특성.

Fig. 6 Operation characteristic of the current ratio differential relay for line protection in CASE 1 with SFCL.

그림 7과 8은 사례연구 CASE 2에 대한 비율전류차동계전기의 동작특성 그래프를 나타내고 있다. 그림 7은 송전급 초전도한류기를 적용하지 않은 경우를 나타내고, 그림 8은 송전급 초전도한류기를 적용한 경우에 대한 결과를 나타내고 있다. 그림 7은 고장점 임피던스의 크기변화로 인해 고장발생 시, 고장전류의 차이가 발생하게 되고, 이에 따라 비율전류차동계전기의 차전류 및 동작전류의 크기에도 차이가 발생하게 된다. 따라서 그림 5와 마찬가지로 비율전류차동계전기의 동작특성 그래프에서 각 고장점 임피던스의 크기

에 따른 동작전류의 크기가 다른 것을 확인할 수 있다. 또, 고장점 임피던스가 50[Ω]인 경우에 고장위치 Fault₁의 내부 고장이 발생하였음에도 불구하고, 동작영역으로 넘어가지 않는 것을 확인할 수 있다. 이는 내부고장 시, 고저항의 발생으로 인한 비율전류차동계전기의 오부동작 경우를 나타내고 있다. 이는 비율전류차동계전기의 오부동작에 관한 연구에서 더욱 더 자세히 확인할 수 있다 [12].

그림 8은 그림 7과 동일한 고장조건에서 송전급 초전도한류기의 적용에 따른 비율전류차동계전기의 동작특성을 나타내고 있다. 전체적으로 사례연구 CASE 2의 결과는 CASE 1과 비슷한 결과를 나타낸다. 송전급 초전도한류기의 적용에 따른 고장전류의 절감효과와 그에 따라 비율전류차동계전기의 차전류 및 동작전류가 감소되는 효과를 확인할 수 있지만, 송전급 초전도한류기의 계통적용은 비율전류차동계전기의 초기 동작에는 영향을 거의 주지 않는 것을 확인할 수 있다.

그림 7 CASE 2에서 송전급 초전도한류기의 적용 전, 선로 보호용 비율전류차동계전기의 동작특성.

Fig. 7 Operation characteristic of the current ratio differential relay for line protection in CASE 2 without SFCL.

그림 8 CASE 2에서 송전급 초전도한류기의 적용 후, 선로 보호용 비율전류차동계전기의 동작특성.

Fig. 8 Operation characteristic of the current ratio differential relay for line protection in CASE 2 with SFCL.

3.3 모의 송전계통에서 송전급 초전도한류기와 선로 보호용 비율전류차동계전기 및 방향성과전류계전 시간 보호협조 분석

본문 3.2절에서 나타난 결과그래프를 보면 고장위치 Fault₁에서 고장발생 시, 비율전류차동계전기의 동작전류는 고장지점이나 고장점 임피던스의 크기에 따른 영향이 나타나는 것을 확인하였다. 또, 송전급 초전도한류기의 적용에 따른 고장전류 절감효과로 인한 영향을 확인하였지만 비율전류차동계전기의 동작시점에는 큰 영향을 미치지 않는 것을 확인할 수 있었다. 본 절에서는 모의 송전계통에 주 보호계전시스템으로 비율전류차동계전기를 적용하고, 후비 보호계전시스템으로 방향성과전류계전기를 적용하여 사례연구 CASE 3과 4의 고장조건에 따라 고장위치 Fault₁과 Fault₂에서 고장을 모의하여 송전급 초전도한류기의 적용여부에 따른 보호기기간 보호협조를 알아보기 위한 시뮬레이션을 진행하였다.

그림 9와 10은 사례연구 CASE 3의 고장조건으로 고장위

그림 9 CASE 3에서 송전급 초전도한류기의 적용 전, 고장 전류 파형.

(a) 선로1 구간. (b) 선로2 구간.

Fig. 9 Waveforms of fault current in CASE 3 without SFCL. (a) Line section 1. (b) Line section 2.

그림 10 CASE 3에서 송전급 초전도한류기의 적용 후, 고장 전류 파형.

(a) 선로1 구간. (b) 선로2 구간.

Fig. 10 Waveforms of fault current in CASE 3, with SFCL. (a) Line section 1. (b) Line section 2.

치 Fault₁에서 고장을 모의하였을 경우, 송전급 초전도한류기의 적용여부에 따른 고장전류의 파형을 나타내고 있다. 본론 3.2절에서 확인한 결과와 동일하게 송전급 초전도한류기의 적용에 따라 고장전류의 크기가 감소하는 것을 확인하였다. 또, 송전급 초전도한류기의 적용은 비율전류차동계전기의 초기 동작시점에 큰 영향이 없기 때문에 그림 9와 10에서 확인할 수 있듯이, 비율전류차동계전기의 동작시간이 1.06초로 동일한 시간에 동작하여 고장전류를 제한한 것을 확인할 수 있다.

그림 11과 12는 사례연구 CASE 4의 고장조건으로 고장위치 Fault₂에서 고장을 모의하였을 경우, 송전급 초전도한류기의 적용여부에 따른 고장전류의 파형을 나타내고 있다. 고장위치 Fault₂는 비율전류차동계전기가 설치되어 있는 보호구간 선로에서 외부고장이므로 비율전류차동계전기는 고장에 대해 인식하지 않고, 동작 또한 하지 않는 것을 본론

그림 11 CASE 4에서 송전급 초전도한류기의 적용 전, 고장전류 파형.

(a) 선로1 구간. (b) 선로2 구간.

Fig. 11 Waveforms of fault current in CASE 4 without SFCL.

(a) Line section 1. (b) Line section 2.

그림 12 CASE 4에서 송전급 초전도한류기의 적용 후, 고장전류 파형.

(a) 선로1 구간. (b) 선로2 구간.

Fig. 12 Waveforms of fault current in CASE 4 with SFCL.

(a) Line section 1. (b) Line section 2.

2.2절의 그림 3(b)에서 확인하였다. 그림 11을 살펴보면, 송전급 초전도한류기를 적용하지 않은 경우에 후비 보호계전시스템으로 적용된 방향성과전류계전기가 고장위치 Fault₂를 기준으로 양쪽 선로에 흐르는 고장전류에 따라 각각 1.09초, 1.11초에 동작하여 고장전류를 제한한 것을 확인할 수 있다. 그림 12는 송전급 초전도한류기의 적용으로 그림 11에 비해 고장전류의 절감효과와 선로에 흐르는 고장전류 크기에 따라 송전급 초전도한류기의 동작여부 특성을 확인하였다. 이때, 방향성과전류계전기는 송전급 초전도한류기의 적용에 따른 고장전류의 감소로 인해 동작시간이 지연되는 반한시 특성이므로, 방향성과전류계전기의 동작시간이 각각 1.11초, 1.14초로 지연된 것을 확인할 수 있다. 이와 같은 문제점은 방향성과전류계전기의 정정을 통하여 붕괴된 보호협조를 재설정을 해야 한다.

4. 결 론

본 논문은 현재 배전계통의 적용을 넘어 송전계통 적용에 관한 연구가 활발하게 진행되어지고 있는 초전도한류기와 현재 우리나라의 송전계통에서 일반적으로 주 보호계전시스템으로 사용되는 비율전류차동계전기 동작특성을 알아보기 위해 사례연구 CASE 1과 2와 같은 고장조건을 설정을 통해 PSCAD/EMTDC 시뮬레이션을 진행하였다. 그 결과, 송전급 초전도한류기의 계통 적용에 따라 나타나게 되는 효과로 고장발생 시, 발생하는 고장전류 크기의 절감효과를 확인하였다. 또, 기존 배전계통에 사용되는 반한시 특성을 갖는 과전류계전기 및 리클로저와 같은 계전기와는 달리, 비율전류차동계전기는 고장인식 후, 동작영역을 넘는 시점인 초기 동작에는 송전급 초전도한류기의 적용에 대한 큰 영향이 없는 것을 확인하였다. 이는 비율전류차동계전기의 빠른 순시동작으로 인한 결과라고 예상할 수 있다. 이러한 동작특성을 이용하여 모의 송전계통에서의 보호기간 보호협조를 알아보기 위해 진행한 시뮬레이션을 통하여 다음의 결과를 확인하였다. 각 사례연구 CASE 3과 4의 고장조건으로 고장위치 Fault₁과 Fault₂에서 고장모의 시, 비율전류차동계전기의 내부고장과 외부고장에 따른 동작여부특성에 대해 확인하였다. 또, 사례연구 CASE 4의 고장조건으로 고장위치 Fault₂에서 고장모의 시, 송전급 초전도한류기의 적용여부에 따른 주 보호계전시스템으로써 비율전류차동계전기와 후비 보호계전시스템인 방향성과전류계전기의 보호협조를 확인하였다. 이는 현재 진행 중인 송전급 초전도한류기에 관한 연구에 이어 실제 계통 적용을 모의한 시뮬레이션으로써, 더욱 더 많은 선행연구와 모의실험 및 시뮬레이션이 진행되어야 한다고 생각한다.

본 논문의 결과를 통해 선로보호용 비율전류차동계전기뿐만 아니라, 변압기보호용과 모선보호용 비율전류차동계전기의 연구를 진행할 것이며, 더 나아가 모의실험을 통한 추가적인 연구를 진행할 것이다.

감사의 글

본 과제는 지식경제부에 의해 투자된 전력산업융합 원천기술개발사업의 일환으로 수행되었음.

References

- [1] 3th phase program of DAPAS (Development of Advanced Power system by Applied Superconductivity technologies), KERI, 2011.
- [2] Lee, S. R, Kim, J. Y, Choi, H. K, Yoon, J. Y, "Feasibility Study on the Application of 154kV HTS-FCL in Korean Power System", Journal of KIEE, Vol. 53A, No. 12, pp. 661-669, 2004.
- [3] Lee, S. R, Yoon, J. Y, Yang, B. M, "Protection system of new superconducting power system", KIEE, Vol. 2011, No. 7, pp. 292-293, 2011.
- [4] Lee, S. R, Yoon, J. Y, Hwang, I. T, Yang, B. M, "A basic study on the activating current of 154kV SFCL", KIEE, Vol. 2012, No. 4, pp. 40-42, 2012.
- [5] Lee, S. R, Yoon, J. Y, Hwang, I. T, Yang, B. M, "A basic study on the current limiting resistance/reactance for the application of 154kV SFCL to Korean power systems", KIEE, Vol. 2012, No. 4, pp. 37-39, 2012.
- [6] Hyun, O. B, Park, K. B, Sim, J, Kim, H. R, "Introduction of a Hybrid SFCL in KEPCO Grid and Local Points at Issue", Journal of KIEE, Vol. 19, No. 3, pp. 1946-1949, 2009.
- [7] Choi, J. S, Kim, M. H, You, I. K, Kim, J. S, Lim, S. H, Kim, J. C, "Analysis on Current Limiting and Recovery Characteristics of a Trigger Type SFCL as the Composition of the Contact", Journal of KIEE, Vol. 24, No. 9, pp. 159-164, 2010.
- [8] Cho, Y. S, Kim, J. S, Kim, M. H, Kim, Y. K, Noh, S. E, Lim, S. H, Kim, J. C, "Anaysis on Operating Characteristics between the Current Ratio Differential Relay and the Overcurrent Relay in s Loop Power Distribution System with the introduction of Trigger-type SFCL", KIEE, pp. 129-130, 2012.
- [9] H. Y. Li, E. P. Southen, and P. A. Crossley, "A New Type of Dirrerental Feeder Protection Relay Using the Global Positioning System for Data Synchronization", IEEE, Vol. 12, No. 3, pp. 1090-1099, 1997.
- [10] Lee, J. B, "Graphical Modeling for Operational Scheme of Current Differential Relay for Transmission Line Protection", KIEE, Vol. 1999, No. 7, pp. 1407-1409, 1999.
- [11] Choi, M. S, Lee, S. J, Kang, S. H, Bae, Y. J, Cho, B. S, Yoo, Y. S, "A Study on the Protective Relay Setting Rules for 765kV Power System by Analysis of Errors", Journal of KIEE, Vol. 52A, No. 1, pp. 50-57, 2003.
- [12] Kang, Y. C, Yun, J. S, Kim, D. Y, "A Current Differential Relaying Algorithm for Bus Protection Using a Compensating Algorithm of Secondary

Currents of CTs ", Journal of KIEE, Vol. 49A, No. 9, pp. 446-450, 2000.

저 자 소 개

조 용 선 (趙 龍 先)

1985년 11월 20일생. 2011년 안양대 전기 전자공학과 졸업. 현재 숭실대 대학원 전기공학과 석사과정.

E-mail : yscho@ssu.ac.kr

김 진 석 (金 辰 碩)

1983년 1월 26일생. 2007년 서울산업대 전기공학과 졸업. 2009년 숭실대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2009년~현재 숭실대 대학원 전기공학과 박사수료.

E-mail : redwolf832@ssu.ac.kr

임 성 훈 (林 成 勳)

1996년 전북대 전기공학과 졸업. 1998년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2003년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 숭실대 전기공학부 교수.

E-mail : superlsh73@ssu.ac.kr

김 재 철 (金 載 哲)

1955년 7월 12일생. 1979년 숭실대 전기공학과 졸업. 1983년 서울대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1988년~현재 숭실대 전기공학과 교수.

E-mail : jckim@ssu.ac.kr